

© ИВАНОВ В.С., ЧЕРКАСОВА О.А., 2011

КОТЕЛЬНЫЕ СТАНЦИИ КАК ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

ИВАНОВ В.С. *, ЧЕРКАСОВА О.А.**

*УО «Международный государственный университет им. А.Д. Сахарова», ***УО «Витебский государственный медицинский университет»,**кафедра общей гигиены и экологии***

Резюме. В основу настоящей статьи положены фактические данные, полученные при выполнении исследовательской работы по определению степени загрязнения почв тяжелыми металлами вблизи котельных станций г. Витебска в 2009 году. В отобранных пробах почв определялось содержание тяжелых металлов, т.к. именно они являются приоритетными загрязнителями городской среды. Установлено, что приоритетным источником загрязнения является сжигание различных видов топлива котельными установками, а загрязнителями почв вблизи котельных станций – кобальт, свинец, цинк, никель, медь, в меньшей степени – марганец. Прослеживается закономерная тенденция в уменьшении содержания исследуемых элементов в почве с глубиной. Выявлена зависимость распределения элементов в почве от преобладающих направлений ветров.

Ключевые слова: почва, загрязнение, тяжелые металлы, котельные станции.

Abstract. In this article the factual data obtained during the monitoring of the extent of Vitebsk soil pollution with heavy metals (Co, Cu, Pb) in 2009 are presented. In the soil samples the content of heavy metals has been determined because they are the main pollutants of urban environment. As a result of the conducted research it has been established, that burning of various kinds of fuel by boiler-plants is the chief source of pollution, and cobalt, lead, zinc, nickel, copper are the chief contaminants of Vitebsk soil in the vicinity of boiler-plants, manganese - to a lesser degree. The natural tendency in the reduction of the content of the studied elements in the soil with depth is traced. The dependence of elements distribution in the soil upon the prevailing directions of winds has been revealed.

При исследовании состояния почв города основное внимание уделяется тяжелым металлам как индикаторам загрязнения городской среды. Необходимость анализа и оценки состояния почвы городов обусловлена их способностью депонировать загрязняющие вещества, поступающие на поверхность почвы с атмосферными осадками,

Адрес для корреспонденции: 210023, г. Витебск, пр-т Фрунзе, 27, Витебский государственный медицинский университет, кафедра общей гигиены и экологии, тел. 8 (0212) 37-08-28 – Черкасова О.А.

аэрозольными выпадениями, бытовыми и производственными отходами. Накопившиеся в толще почвы загрязняющие вещества оказывают негативное воздействие на природную среду и представляют опасность для здоровья людей [2, 5].

В Беларуси в атмосферу ежегодно выбрасываются автотранспортом и промышленными предприятиями и оседают на земную поверхность тонны меди, цинка, кобальта, свинца и других элементов. Поэтому большой интерес представляет изучение содержания

этих элементов в почве, влияние выбросов стационарных источников на загрязнение почв и растений тяжелыми металлами. В связи с этим, необходимо выявить характер влияния стационарных источников на загрязнение почв тяжелыми металлами, а также разработать эффективные приемы и методы борьбы по снижению накопления тяжелых металлов в почвах. Почвенный покров г. Витебска на значительной территории испытывает негативное химическое воздействие в основном промышленного комплекса (стационарные источники), а также выбросов автотранспорта. Одними из основных загрязнителей почв г. Витебска по отношению к местным фоновым значениям являются тяжелые металлы [11].

В связи с тем, что важнейшей народнохозяйственной и экологической проблемой является предотвращение загрязнения почв и сохранение почвенного плодородия, необходимо установить степень загрязнения почв и приоритетности тех или иных источников загрязнения, элементов-загрязнителей, а также предложить мероприятия по снижению техногенного загрязнения почв г. Витебска.

Цель исследования - обследование почв на загрязнение токсикантами промышленного происхождения (Co, Cu, Pb, Zn, Mn, Ni) вблизи котельных станций г. Витебска для получения достоверной информации о состоянии почвенного покрова и разработки экологически обоснованных рекомендаций по его рациональному использованию и охране.

Достижению цели способствовало решение следующих задач:

1. Обследование почвенного покрова на содержание тяжелых металлов.
2. Определение кислотности (pH) и гранулометрического состава почвы.
3. Анализ содержания тяжелых металлов в зависимости от типа преобладающей почвы в сравнении с ПДК (ОДК).
4. Выявление закономерности распределения элементов в почве в зависимости от преобладающих ветров.
5. Предложение экологически обоснованных рекомендаций по рациональному использованию и охране почвенного покрова,

направленных на снижение техногенного загрязнения почв г. Витебска.

Новизна данного исследования заключается в том, что все исследования по определению содержания тяжелых металлов в почвах г. Витебска проводятся с 2-х верхних горизонтов 0-5 и 5-20 см с целью выявления степени загрязненности почвы с глубиной вблизи промышленных зон изучаемых котельных установок. Возможности такого анализа продемонстрированы на примере г. Витебска.

Методы

Для осуществления цели в 2009 г. в г. Витебске проводился анализ загрязнения почв на основе определения кислотности (pH), гранулометрического состава и содержания тяжелых металлов (Co, Cu, Pb, Zn, Mn, Ni) в почвенных образцах. Полученные результаты сравнивали с ПДК (ОДК) тяжелых металлов в почве в зависимости от типа преобладающей почвы (табл. 1) [9].

Наблюдению подлежал верхний почвенный горизонт. Пробы отбирались на территории основных источников загрязнения почвы города - 6 крупных котельных станций: Витебская ТЭЦ, Мини-ТЭЦ «Восточная», котельная «Южная», котельная «Новка», котельная «Лучеса», котельная «Северная».

Вблизи котельных станций закладывались пробные площадки размером 15×15 м, на которых послойно с глубины 0-5 и 5-20 см отбирались точечные пробы [7]. Отбор проб проводился почвенным буром. Пробные площадки были однородными и сходными по ландшафтно-геохимическим условиям и почвенному покрову. На исследуемой площади отбирались объединенные пробы путем смешивания пяти индивидуальных проб почвы, отобранных в разных точках данной площади «конвертом» (четыре точки в углах площадки и одна в центре). Вокруг каждой из пяти точек на расстоянии 3-5 м отбирались еще по четыре почвенных керны на глубине 0-5 и 5-20 см с учетом мощности дерна (при толщине дерна 3 см, отбор производился на глубину 8 см и, соответственно, происходило смещение

Таблица 1

**ПДК (ОДК) тяжелых металлов в почве в зависимости
от типа преобладающей почвы, мг/кг**

№	Показатель	Тип почвы	pH	Co	Cu	Pb	Zn	Mn	Ni
1.	ПДК (ОДК)	Песчаные, супесчаные	любая среда	20	33	32	55	1500	20
2.	ПДК (ОДК)	Суглинистые, глинистые	pH<5,5	20	66	32	110	1500	40
3.	ПДК (ОДК)	Суглинистые, глинистые	pH>5,5	20	132	32	220	1500	80

нижнего горизонта на 3 см). Таким образом, смешанный образец составлялся из 25 индивидуальных проб. Отобранные почвенные керны сыпались на лист крафт-бумаги и тщательно перемешивались. Затем хорошо измельченная почва квартовалась: разравнивалась на листе в виде квадрата, делилась на четыре части, две противоположные отбрасывались, две оставшиеся снова перемешивались и разравнивались на листе, условно делились на 6-9 квадратов, из центров которых отбиралось примерно одинаковое количество почвы в полотняный мешочек или пакет из крафт-бумаги. Вес полученного таким образом смешанного образца (объединенной пробы) составлял около 0,5 кг. Образец снабжался непромокаемой этикеткой с указанием номера пробы. В регистрационном журнале записывались следующие характеристики: местоположение точки, направление, элемент ландшафта, дата отбора пробы.

Гранулометрический состав и кислотность (pH) определялись на pH-метре [8].

Исследования по определению валового содержания тяжелых металлов проводились при МГЭУ А.Д. Сахарова в Центре коллективного пользования исследовательским оборудованием и приборами с применением рентгено-флуоресцентного метода, преимуществами которого являются быстрота, относительная простота исследований и информативность полученных результатов. Так, при минимальной пробоподготовке без разрушения образца в течение 20 минут возможно получить данные о массовой доли более 30

элементов в образце с погрешностью не превышающей 25%.

Всего было отобрано около 80 почвенных проб, что позволило более или менее адекватно определить значимость котельных станций в выбросах поллютантов в атмосферу и их накоплении в почвенных горизонтах. Статистическая обработка данных реализована на персональном компьютере IBM Intel Pentium с помощью пакета статистических и графических программ MS Excel 2003, Biostat 4.03. Достоверность различий учитывали при $p < 0.05$.

Результаты и обсуждение

Преобладающим типом почвы были смешанные и дерново-подзолистые почвы на супесях со средним содержанием гумуса в исследуемом горизонте (0-20 см) около 0,9-1,7 %, что в первую очередь связано с тем, что исследовался верхний слой. Кислотность почвы изменялась в пределах 5,41-8,84 и в среднем составила - 7,08 ед.

Фактические данные по содержанию основных химических элементов в почвах г. Витебска по двум обследуемым горизонтам 0-5 см и 5-20 см представлены в таблицах 2-7.

Результаты обследования почвенного покрова г. Витебска на содержание кобальта вблизи стационарных источников представлены в таблице 2.

Кобальт – относительно распространенный элемент (кларк в земной коре – 18,0 мг/кг, для почв мира – 10,0 мг/кг). Кларк кобальта для дерново-подзолистых почв Беларуси – 7,2 мг/кг [10]. Кобальт относится к

Таблица 2

**Содержание кобальта в почвах вблизи наиболее крупных котельных установок
г. Витебска в 2009 г., мг/кг сухого вещества**

Название предприятия	Слой почвы, см	Среднее значение содержания элемента	Пределы вариации содержания элемента	Превышение ПДК максимального содержания элемента, кол-во раз	% проб с превышением ПДК (ОДК)
Витебская ТЭЦ n=7	0-5	62,19	42,49 – 80,86	4,04 (p<0,05)	100
	5-20	55,86	41,84 – 72,03	3,6 (p<0,05)	100
Мини-ТЭЦ «Восточная» n=6	0-5	55,91	38,33 – 74,36	3,72 (p<0,05)	100
	5-20	55,64	18,69 – 129,28	6,46 (p<0,05)	87,5
Котельная «Южная» n=5	0-5	48,84	27,93 – 78,3	3,92 (p<0,05)	100
	5-20	43,62	24,62 – 61,89	3,1 (p<0,05)	100
Котельная «Новка» n=6	0-5	41,59	21,77 – 78,05	3,9 (p<0,05)	100
	5-20	40,83	11,33 – 63,32	3,17 (p<0,05)	83,4
Котельная «Лучеса» n=8	0-5	62,38	35,85 – 89,19	4,46 (p<0,05)	100
	5-20	51,21	20,4 – 74,0	3,7 (p<0,05)	100
Котельная «Северная» n=8	0-5	119,59	35,83 – 196,07	9,8 (p<0,05)	100
	5-20	116,35	21,18 – 227,81	11,39 (p<0,05)	100

числу биологически активных элементов и всегда содержится в организме животных и растений. Вместе с тем, повышенное содержание элемента в почве является токсичными для растительных организмов. В почву соединения кобальта попадают при разложение растительных и животных организмов, а также со сточными водами металлургических, металлообрабатывающих и химических заводов.

Наибольшее содержание кобальта в верхнем горизонте (0-5 см) достоверно отмечено вблизи следующих предприятий: котельная «Северная» - 196,07 мг/кг (9,8 ПДК), котельная «Лучеса» - 89,19 мг/кг (4,46 ПДК), а также Витебская ТЭЦ - 80,86 мг/кг (4,04 ПДК).

Максимальные значения элемента в нижнем горизонте (5-20 см) достоверно отмечены вблизи следующих предприятий: котельная «Северная» - 227,81 мг/кг (11,39 ПДК), Мини-ТЭЦ «Восточная» - 129,28 мг/кг (6,46 ПДК), а также котельная «Лучеса» - 74,0 мг/кг (3,7 ПДК).

Результаты обследования почвенного покрова г. Витебска на содержание меди вблизи стационарных источников представлены в таблице 3.

Медь – относительно распространенный элемент (кларк в земной коре – 0,0047%, для почв мира – 0,002 % или 20 мг/кг). Кларк меди для почв Беларуси – 13 мг/кг [10]. Валовое содержание меди в почвах заповедных территорий существенно различается, составляя 3,3 мг/кг в почвах Березинского биосферного заповедника и 15,4 мг/кг – в почвах Браславского национального парка. Средневзвешенное содержание меди в почвах Полесской провинции Беларуси составляет 3 мг/кг [1]. Биологически незаменимый, жизненно важный элемент, необходимый для человека, животных и растений. Источниками поступления меди в окружающую среду являются предприятия цветной металлургии, транспорт, производство удобрений и пестицидов, сварка, гальванизация, сжигание топлива. Соединения меди содержатся в выбросах различных производств: электротехнических, нефтехимии, производства красителей, керамики, кожевенных и др. [2].

Отмечено достоверное превышение ПДК (ОДК) элемента в верхнем горизонте (0-5 см) вблизи следующих предприятий: котельная «Южная» - 174,57 мг/кг (5,29 ПДК), котельная «Северная» – 34,66 мг/кг (1,05 ПДК), а также Витебская ТЭЦ - 29,66 мг/кг (0,9 ПДК).

Таблица 3

**Содержание меди в почвах вблизи наиболее крупных котельных установок
г. Витебска в 2009 г., мг/кг сухого вещества**

Название предприятия	Слой почвы, см	Среднее значение содержания элемента	Пределы вариации содержания элемента	Превышение ПДК максимального содержания элемента, кол-во раз	% проб с превышением ПДК (ОДК)
Витебская ТЭЦ n=7	0-5	20,05	11,34 – 29,66	0,9 (p<0,05)	нет
	5-20	19,23	10,16 – 31,71	0,96 (p<0,05)	нет
Мини-ТЭЦ «Восточная» n=6	0-5	15,87	8,15 – 25,78	0,78 (p<0,05)	нет
	5-20	18,29	8,08 – 33,38	1,01 (p<0,05)	16,6
Котельная «Южная» n=5	0-5	36,86	6,3 – 174,57	5,29 (p<0,05)	20
	5-20	12,71	10,22 – 25,52	0,77 (p<0,05)	нет
Котельная «Новка» n=6	0-5	11,52	5,06 – 18,2	0,55 (p<0,05)	нет
	5-20	9,87	4,9 – 20,5	0,62 (p<0,05)	нет
Котельная «Лучеса» n=8	0-5	10,59	6,96 – 14,69	0,45 (p<0,05)	нет
	5-20	8,54	5,45 – 11,44	0,35 (p<0,05)	нет
Котельная «Северная» n=8	0-5	22,05	9,78 – 34,66	1,05 (p<0,05)	12,5
	5-20	19,55	5,92 – 35,76	1,08 (p<0,05)	12,5

В нижнем горизонте (5-20 см) максимум отмечен вблизи следующих предприятий: котельная «Северная» – 35,76 мг/кг (1,08 ПДК), Мини-ТЭЦ «Восточная» – 33,38 мг/кг (1,01 ПДК) и Витебская ТЭЦ – 31,71 мг/кг (0,96 ПДК).

Результаты обследования почвенного покрова г. Витебска на содержание свинца вблизи стационарных источников представлены в таблице 4.

Свинец – малораспространенный, давно и широко используемый сильнотоксичный тяжелый металл. Кларк элемента в земной коре – 0,0016%, в почвах мира – 0,001% или 10 мг/кг [10]. Особую опасность для почв представляют сточные воды ряда производств: металлургического, металлообрабатывающего, машиностроительного, химического, химико-фармацевтического, нефтехимического, спичечного, фотоматериалов. Среднее содержание свинца в почвах мира 25 мг/кг [4], по данным В.А. Петрухина и др. (1986) эта величина составляет 16 мг/кг [4]. Региональный кларк свинца в почвах Беларуси – 12 мг/кг [10]. При высоких уровнях свинца в почве возможна аккумуляция свинца в растениях (в листовых овощах, на поверхности корнеплодов),

однако не накапливается в плодовых частях овощей и фруктов (яблоках, томатах) [12].

Наибольшее содержание свинца в верхнем горизонте (0-5 см) достоверно отмечено вблизи следующих предприятий: Витебская ТЭЦ – 126,69 мг/кг (3,96 ПДК), Мини-ТЭЦ «Восточная» – 50,47 (1,58 ПДК) и котельная «Северная» – 44,79 мг/кг (1,4 ПДК).

Максимальное содержание свинца в нижнем горизонте (5-20 см) достоверно отмечено вблизи следующих предприятий: Витебская ТЭЦ – 134,32 мг/кг (4,2 ПДК), котельная «Новка» – 42,58 мг/кг (1,33 ПДК) и котельная «Северная» – 41,43 мг/кг (1,3 ПДК).

Результаты обследования почвенного покрова г. Витебска на содержание цинка вблизи стационарных источников представлены в таблице 5.

Цинк относится к группе рассеянных элементов: кларк в земной коре – 0,0083 %, в почвах мира – 0,005% или 50 мг/кг [10]. Цинк является высокоподвижным биофильным и технофильным элементом широкого диапазона действия на живые организмы [3]. Жизненно важный элемент для растений, участвующий в окислительно-восстановительных процессах, влияющий на фотосинтез. Среди ис-

Таблица 4

**Содержание свинца в почвах вблизи наиболее крупных котельных установок
г. Витебска в 2009 г., мг/кг сухого вещества**

Название предприятия	Слой почвы, см	Среднее значение содержания элемента	Пределы вариации содержания элемента	Превышение ПДК максимального содержания элемента, кол-во раз	% проб с превышением ПДК (ОДК)
Витебская ТЭЦ n=7	0-5	55,84	14,56 – 126,69	3,96 (p<0,05)	71,42
	5-20	54,04	11,65 – 134,32	4,2 (p<0,05)	57,14
Мини-ТЭЦ «Восточная» n=6	0-5	20,32	11,51 – 50,47	1,58 (p<0,05)	16,6
	5-20	20,78	13,43 – 36,3	1,13 (p<0,05)	16,6
Котельная «Южная» n=5	0-5	12,74	11,61 – 19,8	0,62 (p<0,05)	нет
	5-20	12,31	9,46 – 17,91	0,56 (p<0,05)	нет
Котельная «Новка» n=6	0-5	22,7	10,04 – 41,78	1,31 (p<0,05)	16,6
	5-20	19,73	10,7 – 42,58	1,33 (p<0,05)	16,6
Котельная «Лучеса» n=8	0-5	16,77	12,11 – 24,52	0,77 (p<0,05)	нет
	5-20	12,37	6,98 – 23,23	0,73 (p<0,05)	нет
Котельная «Северная» n=8	0-5	28,33	13,83 – 44,79	1,4 (p<0,05)	37,5
	5-20	25,89	4,94 – 41,43	1,3 (p<0,05)	50

Таблица 5

**Содержание цинка в почвах вблизи наиболее крупных котельных установок
г. Витебска в 2009 г., мг/кг сухого вещества**

Название предприятия	Слой почвы, см	Среднее значение содержания элемента	Пределы вариации содержания элемента	Превышение ПДК максимального содержания элемента, кол-во раз	% проб с превышением ПДК (ОДК)
Витебская ТЭЦ n=7	0-5	59,12	23,24 – 100,32	1,82 (p<0,05)	57,14
	5-20	53,52	17,51 – 74,28	1,35 (p<0,05)	57,14
Мини-ТЭЦ «Восточная» n=6	0-5	37,27	9,71 – 68,76	1,25 (p<0,05)	33,3
	5-20	39,89	12,71 – 57,27	1,04 (p<0,05)	33,3
Котельная «Южная» n=5	0-5	52,35	24,42 – 65,05	1,18 (p<0,05)	33,3
	5-20	32,28	22,22 – 46,8	0,85 (p<0,05)	нет
Котельная «Новка» n=6	0-5	71,96	16,23 – 91,31	1,66 (p<0,05)	50
	5-20	32,09	8,19 – 92,51	1,68 (p<0,05)	16,6
Котельная «Лучеса» n=8	0-5	28,21	15,13 – 74,55	1,36 (p<0,05)	12,5
	5-20	17,63	5,84 – 52,99	0,96 (p<0,05)	нет
Котельная «Северная» n=8	0-5	56,11	23,52 – 95,52	1,74 (p<0,05)	50
	5-20	51,15	6,4 – 98,91	1,8 (p<0,05)	37,5

точников поступления цинка в окружающую среду – предприятия по первичному производству цветных металлов, все циклы металлургического передела при производстве чугуна и стали, производства стекла, цемента,

топливосжигающие установки, автотранспорт и т.д. По данным мониторинга фоновое загрязнение почв Беларуси в 2000 г. составило 17,6 мг/кг [11]. Однако для этого элемента характерна значительная вариабельность его кон-

центраций в зависимости от механического состава почв и других факторов.

Максимальное содержание элемента достоверно отмечено в верхнем горизонте (0-5 см) вблизи следующих предприятий: Витебская ТЭЦ - 100,32 мг/кг (1,82 ПДК), котельная «Северная» – 95,52 мг/кг (1,74 ПДК) и котельная «Новка» - 91,31 мг/кг (1,66 ПДК).

Максимальные значения цинка в нижнем горизонте (5-20 см) достоверно отмечены вблизи следующих предприятий: котельная «Северная» – 98,91 мг/кг (1,8 ПДК), котельная «Новка» - 92,51 мг/кг (1,68 ПДК) и Витебская ТЭЦ - 74,28 мг/кг (1,35 ПДК).

Результаты обследования почвенного покрова г. Витебска на содержание марганца вблизи стационарных источников представлены в таблице 6.

Марганец – относительно распространенный элемент (кларк в земной коре – 0,100%, для почв мира – 0,085% или 850 мг/кг). Кларк марганца для почв Беларуси – 268 мг/кг [10]. Марганец поступает в атмосферу от выбросов предприятий черной металлургии, машиностроения и металлообработки, цветной металлургии и многочисленных мелких источников, например от сварочных работ и

как следствие оседает на почвенный покров. Высокие концентрации элемента приводят к появлению нейротоксических эффектов, прогрессирующего поражения центральной нервной системы, пневмониям у взрослых людей.

Наибольшее содержание элемента достоверно отмечено в верхнем горизонте (0-5 см) вблизи следующих предприятий: котельная «Южная» - 2036,12 мг/кг (1,36 ПДК), Мини-ТЭЦ «Восточная» - 981,51 мг/кг (0,65 ПДК) и котельная «Северная» - 773,8 мг/кг (0,52 ПДК).

Максимальные значения содержания марганца достоверно отмечены в нижнем горизонте (5-20 см) вблизи следующих предприятий: котельная «Северная» - 810,21 мг/кг (0,54 ПДК), Мини-ТЭЦ «Восточная» - 648,19 мг/кг (0,43 ПДК) и Витебская ТЭЦ - 600,22 мг/кг (0,4 ПДК).

Результаты обследования почвенного покрова г. Витебска на содержание никеля вблизи стационарных источников представлены в таблице 7.

Никель – относительно распространенный элемент (кларк в земной коре – 0,0058%, для почв мира – 0,0040% или 40 мг/кг). Кларк

Таблица 6

Содержание марганца в почвах вблизи наиболее крупных котельных установок г. Витебска в 2009 г., мг/кг сухого вещества

Название предприятия	Слой почвы, см	Среднее значение содержания элемента	Пределы вариации содержания элемента	Превышение ПДК максимального содержания элемента, кол-во раз	% проб с превышением ПДК (ОДК)
Витебская ТЭЦ n=7	0-5	499,71	406,14 – 649,84	0,43 (p<0,05)	нет
	5-20	450,0	257,77 – 600,22	0,4 (p<0,05)	нет
Мини-ТЭЦ «Восточная» n=6	0-5	388,54	241,63 – 981,51	0,65 (p<0,05)	нет
	5-20	349,86	197,51 – 648,19	0,43 (p<0,05)	нет
Котельная «Южная» n=5	0-5	651,45	327,97 – 2036,12	1,36 (p<0,05)	16,66
	5-20	437,93	254,67 – 537,42	0,36 (p<0,05)	нет
Котельная «Новка» n=6	0-5	384,23	159,05 – 626,84	0,42 (p<0,05)	нет
	5-20	385,05	138,49 – 513,81	0,34 (p<0,05)	нет
Котельная «Лучеса» n=8	0-5	463,93	315,84 – 705,14	0,47 (p<0,05)	нет
	5-20	358,19	227,79 – 565,56	0,38 (p<0,05)	нет
Котельная «Северная» n=8	0-5	484,87	269,26 – 773,8	0,52 (p<0,05)	нет
	5-20	444,03	144,57 – 810,21	0,54 (p<0,05)	нет

Таблица 7

**Содержание никеля в почвах вблизи наиболее крупных котельных установок
г. Витебска в 2009 г., мг/кг сухого вещества**

Название предприятия	Слой почвы, см	Среднее значение содержания элемента	Пределы вариации содержания элемента	Превышение ПДК максимального содержания элемента, кол-во раз	% проб с превышением ПДК (ОДК)
Витебская ТЭЦ n=7	0-5	50,01	4,49 – 264,3	13,22 (p<0,05)	28,57
	5-20	31,78	6,32 – 122,25	6,11 (p<0,05)	28,57
Мини-ТЭЦ «Восточная» n=6	0-5	12,64	3,58 – 21,84	1,09 (p<0,05)	12,5
	5-20	13,46	4,4 – 21,69	1,09 (p<0,05)	12,5
Котельная «Южная» n=5	0-5	8,39	4,1 – 15,15	0,76 (p<0,05)	нет
	5-20	9,96	7,59 – 12,23	0,61 (p<0,05)	нет
Котельная «Новка» n=6	0-5	6,24	1,65 – 11,1	0,56 (p<0,05)	нет
	5-20	9,87	3,56 – 14,95	0,75 (p<0,05)	нет
Котельная «Лучеса» n=8	0-5	9,27	5,06 – 15,41	0,77 (p<0,05)	нет
	5-20	5,4	1,43 – 6,87	0,34 (p<0,05)	нет
Котельная «Северная» n=8	0-5	23,31	7,5 – 46,97	2,35 (p<0,05)	50
	5-20	19,62	1,57 – 41,39	2,07 (p<0,05)	37,5

никеля для почв Беларуси – 12 мг/кг [10]. Около 50 % никеля, загрязняющего атмосферу, выделялось в нее ранее при сжигании каменного угля на различных теплоэнергетических установках и в печах. Большое количество никеля выбрасывается до сих пор при сжигании мазута.

Отмечено достоверное превышение ПДК (ОДК) элемента в верхнем горизонте (0-5 см) вблизи следующих предприятий: Витебская ТЭЦ - 264,3 мг/кг (13,22 ПДК), котельная «Северная» – 46,97 мг/кг (2,35 ПДК), а также Мини-ТЭЦ «Восточная» - 21,84 мг/кг (1,09 ПДК).

В нижнем горизонте (5-20 см) максимум отмечен вблизи следующих предприятий: Витебская ТЭЦ – 122,25 мг/кг (6,11 ПДК), котельная «Северная» - 41,39 мг/кг (2,07 ПДК) и Мини-ТЭЦ «Восточная» - 21,69 мг/кг (1,09 ПДК).

В результате анализа полученных данных выявлены приоритетные источники загрязнения почв. Для г. Витебска основными из них являются промышленные производства, сжигание топлива (стационарными объектами и передвижными средствами) и коммунально-бытовая деятельность. Значительным

источником загрязнения почв города является сжигание различных видов топлива, в том числе средними и малыми котельными установками. Большое количество тяжелых металлов ранее выбрасывалось в атмосферу при сжигании топлива на различных теплоэнергетических установках, которые в качестве основного вида топлива использовали каменный уголь. Наиболее крупные котельные установки г. Витебска в качестве основного вида топлива сейчас используют газ, но резервным видом топлива по-прежнему остается мазут. При этом поступление загрязняющих веществ в почвы осуществляется как за счет выбросов в атмосферу, так и рассеивания золы и шлаков.

Среди изучаемых источников загрязнения г. Витебска наибольшую нагрузку оказывает Витебская ТЭЦ, которая по данным на 2007 г. выбрасывала в атмосферу около 394 тонн загрязняющих веществ в год. Второе место занимает Мини-ТЭЦ «Восточная», выбрасывающая около 197,6 тонн загрязняющих веществ в год. Несмотря на то, что в последние годы заметно снижается количество выбросов в атмосферу от стационарных источников, по-прежнему наблюдается степенное уве-

личение содержания изучаемых элементов в почве, что предположительно связано со строительством новых химических производств, заводов, котельных установок, а также увеличение автотранспорта. Все это накладывает отпечаток в изменении существующей динамики по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и, соответственно, в накопление тяжелых металлов в почве.

Пыль распространяется и осаждается на подстилающую поверхность в соответствии с законами атмосферной диффузии. Однако, на наш взгляд, среди множества факторов, влияющих на формирование ореола осаждения атмосферной промышленной пыли на прилегающие территории изучаемых объектов, можно выделить три основных: объем и дисперсный состав пыли, высота дымовых труб и направление преобладающих ветров. Установлено, что более с выбрасываемой пыли в атмосферу оседает в зоне радиусом до 3 км от источников выбросов. Установлена также закономерность - чем ближе к источнику загрязнения, тем выше содержание химических элементов в почве, и, соответственно, в растениях.

Результаты обследования почвенного покрова г. Витебска на содержание тяжелых

металлов вблизи наиболее крупных котельных установок по восьми направлениям воздушного переноса по двум обследуемым горизонтам 0-5 см и 5-20 см по состоянию на 2009 г. представлены в таблице 8.

Наибольшее содержание элементов (Co, Cu, Pb, Zn, Mn, Ni) в почве вблизи котельной «Северная» наблюдалось в направлениях господствующих ветров южной четверти (ю, юз, юв). Следует отметить, что такая четкая зависимость в распределение элементов проявляется благодаря тому, что эта котельная расположена вдали от дороги, других предприятий, на окраине города, а также связана с преобладающим в г. Витебске переносом воздушных масс южного и юго-западного направлений.

В почве вблизи котельной «Южная» в направлениях господствующих ветров (з, юз, юв) наблюдалось наибольшее содержание элементов (Co, Cu, Pb, Zn, Mn, Ni). Такая четкая зависимость в распределении элементов проявляется благодаря тому, что эта котельная расположена вдали от центральной дороги, других предприятий и только на юго-востоке проходит дорога местного значения возле самой котельной, поэтому это направление также фигурирует в преобладающих направлениях. Таким образом, и здесь действует закон пре-

Таблица 8

Наибольшее содержание элементов в зависимости от преобладающего направления ветра вблизи наиболее крупных котельных установок г. Витебска в 2009 г., мг/кг сухого вещества

Элемент	Слой почвы, см	Преобладающие направления ветров вблизи источников выбросов					
		Витебская ТЭЦ	Мини-ТЭЦ «Восточная»	Котельная «Южная»	Котельная «Новка»	Котельная «Лучеса»	Котельная «Северная»
Co	0-5	с, юв, св	юв, сз, в	з, сз, юз	св, з, сз	с, в, з	ю, юв, юз
	5-20	ю, юв, с	юз, юв, в	з, юз, юв	з, ю, св	в, сз, с	ю, юз, юв
Cu	0-5	с, юв, сз	ю, св, юв	з, юз, с	з, сз, с	с, ю, з	ю, юв, юз
	5-20	с, сз, юв	юв, св, ю	з, ю, юв	з, ю, сз	с, в, сз	юз, ю, юв
Pb	0-5	св, сз, юз	св, ю, сз	з, сз, юз	з, сз, св	с, в, юв	с, юв, ю
	5-20	сз, св, юв	св, юз, ю	з, юз, ю	з, сз, ю	с, юв, в	юз, юв, ю
Zn	0-5	юв, с, св	ю, св, сз	з, юз, сз	з, сз, св	с, в, юв	юв, ю, юз
	5-20	с, юв, сз	св, ю, юз	з, юз, ю	з, сз, ю	с, юв, в	юв, ю, юз
Mn	0-5	юв, в, ю	юз, ю, в	юз, з, сз	св, з, сз	с, юв, сз	ю, юз, с
	5-20	сз, ю, юв	юз, в, ю	юз, юв, з	з, ю, сз	с, в, сз	ю, юз, юв
Ni	0-5	юв, ю, с	ю, юз, св	сз, з, юз	сз, с, з	с, сз, св	ю, юв, юз
	5-20	юв, ю, сз	юз, в, ю	юз, юв, с	ю, з, св	сз, ю, в	ю, юз, юв

обладающих воздушных масс западного и юго-западного направлений.

В почве вблизи котельной «Новка» наблюдалось в направлениях господствующих ветров (з, ю, сз) отмечена высокая концентрация Co, Cu, Pb, Zn, Mn, Ni. Следует отметить, что такая четкая зависимость в распределении элементов проявляется благодаря тому, что эта котельная расположена вдали от других предприятий, на окраине города и только в северо-западном направлении вокруг нее проходит дорога местного значения, поэтому это направление тоже фигурирует в преобладающих направлениях. Таким образом, и здесь действует закон преобладающих воздушных масс западного и южного направлений.

Наибольшее содержание Co, Cu, Pb, Zn, Mn, Ni в почве вблизи котельной Мини-ТЭЦ «Восточная» наблюдалось в направлениях господствующих ветров (ю, юз, св). Такая четкая зависимость в распределении элементов проявляется независимо оттого, что эта котельная расположена в центре города и вокруг нее находятся предприятия, которые также оказывают влияние на загрязнение города. Также на северо-востоке близко к котельной проходит дорога местного значения, поэтому это направление также фигурирует в преобладающих направлениях. Таким образом, здесь также действует закон преобладающих воздушных масс южного и юго-западного направлений.

Высокая концентрация элементов (Co, Cu, Pb, Zn, Mn, Ni) в почве вблизи котельной «Лучеса» наблюдалась в направлениях не преобладающих ветров (с, в, сз, юв). Такая зависимость в распределении элементов проявляется благодаря тому, что эта котельная расположена вдали от других предприятий и только с севера на юг проходит центральная дорога. Таким образом, вблизи этой котельной не выявлена зависимость от преобладающих направлений ветров. Это связано с тем, что недалеко от мест, где обнаружены наибольшие концентрации элементов в почве, проходит центральная дорога, поэтому автотранспорт оказывает наибольшее влияние на загрязненность прилегающих территорий.

Наибольшее содержание элементов (Co,

Cu, Pb, Zn, Mn, Ni) в почве вблизи котельной Витебская ТЭЦ наблюдалось в направлениях не преобладающих ветров (юв, с, сз). Такая зависимость в распределении элементов проявляется благодаря тому, что эта котельная расположена недалеко от других действующих предприятий, только в северо-западном направлении вокруг нее проходит центральная дорога, поэтому это направление тоже фигурирует в преобладающих направлениях. Таким образом, вблизи этой котельной не выявлена зависимость от преобладающих направлений ветров. Это связано с тем, что недалеко от мест, где обнаружены наибольшие концентрации элементов в почве, проходит центральная дорога, поэтому автотранспорт оказывает наибольшее влияние на загрязненность прилегающих территорий.

Заключение

В целом, в пределах г. Витебска достаточно сложно оценить сложившуюся обстановку вокруг промышленного объекта, достоверно выявить источник загрязнения, утверждать, что именно этот источник оказывает наибольший вклад в загрязнение почвенного покрова. Проблематично найти хотя бы одно предприятие, которое бы на значительном расстоянии находилось от какого-либо другого возможного источника загрязнения, и оценивать исключительно его влияние на загрязнение прилегающих территорий.

Важнейшей экологической проблемой является предотвращение загрязнения почв и сохранение почвенного плодородия. Для успешного ее решения необходимо представление о современном состоянии, степени загрязнения почв и приоритетности тех или иных элементов-загрязнителей [6].

Проведенные исследования по изучению и оценке состояния геохимического загрязнения почвы г. Витебска позволили сделать следующие выводы:

1. Приоритетным источником загрязнения является сжигание различных видов топлива котельными установками, а загрязнителями почв вблизи котельных станций являются кобальт, свинец, цинк, никель, медь.

2. В меньшей степени почва вблизи котельных станций загрязнена марганцем.

3. Среди изучаемых источников загрязнения г. Витебска наибольшую нагрузку оказывает Витебская ТЭЦ и Мини-ТЭЦ «Восточная».

4. Содержание исследуемых элементов в почве по мере увеличения глубины имеет закономерную тенденцию к уменьшению.

5. Распределение элементов в почве вблизи изучаемых котельных станций зависит от преобладающих направлений ветров в г. Витебске (ю, юз, з направлений) достоверно выявлена вблизи котельной «Северная», Мини-ТЭЦ «Восточная», котельной «Южная» и котельной «Новка». Не выявлена зависимость обнаруженных наибольших концентраций элементов в почве от преобладающих направлений ветров вблизи котельной «Лучеса» и Витебская ТЭЦ.

6. Необходимо провести комплекс мер, направленных на снижение техногенного загрязнения почв г. Витебска: совершенствование технологий в сфере производства, обеспечивающих сокращение выбросов и сбросов вредных веществ в окружающую среду, размещение новых жилых микрорайонов и частных секторов вдали от опасных стационарных источников загрязнения атмосферы с учетом преобладающих ветров, а также выявление и ликвидация источников загрязнения.

Литература

1. Белоусова, Т.Н. Геохимическое поведение меди в ландшафтах западной части Белорусского Полесья: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук: 04.00.02 / Т.Н. Белоусова; Ин-т геохимии и геофизики НАН Беларуси. – Минск, 1992. – 20 с.
2. Грушко, Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу / Я.М. Грушко. – Л.: Химия, 1987. – 160 с.
3. Иванов, В.В. Экологическая геохимия элементов: справочник: в 6 кн. / В.В. Иванов; под ред. Э.К. Буренкова. – М.: Недра, 1994-1997. – Кн. 4: Главные d-элементы, 1996. – 416 с.
4. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас – М.: Мир, 1989. – 439 с.
5. Лукашев, О.В. Ретроспективная оценка загрязнения почв и растительности г. Витебска тяжелыми металлами / О.В. Лукашев, Н.В. Жуковская // Природные ресурсы, 2006. – №4. – С. 52-57.
6. Охрана природы. Почвы. Общие требования и классификации почв по влиянию на них химических веществ: ГОСТ 17.4.3.06-86, утв. пост. Гос. комитета стандартов Совета Министров СССР 03.11.1986, № 3373. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 4 с.
7. Охрана природы. Почвы. Методы отбора, подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-84, утв. пост. Гос. комитета стандартов Совета Министров СССР 19.12.1984, № 4731. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 11 с.
8. Охрана природы. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки: ГОСТ 26423-85, утв. пост. Гос. комитета стандартов Совета Министров СССР 08.02.1985, № 283. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 9 с.
9. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве: ГН 2.1.7.12-1-2004, утв. пост. Глав. гос. сан. врачом РБ 25.02.2004, № 28. – Минск, 2004. – 18 с.
10. Петухова, Н.Н. К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси / Н.Н. Петухова, В.А. Кузнецов // Докл. НАН Беларуси. – 1992. – Т. 36, №5. – С. 461-465.
11. Состояние природной среды Беларуси: Экологический бюллетень 2000 г. / Под ред. В.Ф. Логинова. – Минск: Минсктиппроект, 2001. – 230 с.
12. Gzil, J. Ecological Impact and Remediation of Contaminated Sites Around Lead Smelters in Poland / J.Gzil // Journal of Geochemical Exploration. – 1995. – Vol. 52. – P. 251-258.

Поступила 08.11.2011 г.
Принята в печать 02.12.2011 г.